

사무실 이벤트 검색을 위한 베이지안 네트워크 기반 사용자 선호도 모델링 (Modeling User Preference based on Bayesian Networks for Office Event Retrieval)

임수정[†] 박한샘[†]
(Soojung Lim) (Han-Saem Park)

조성배^{**}
(Sung-Bae Cho)

요약 인터넷 서비스의 급속한 발전으로 멀티미디어 데이터의 양이 크게 증가함에 따라, 이를 분석하여 유용한 정보를 얻기 위해 사용자 개개인에 초점을 맞춘 효율적인 검색기술이 필요하게 되었다. 하지만 최근 웹사이트에서 제공하는 사용자 모델링 서비스는 텍스트 기반 페이지 구성이나 추천 검색 등에만 국한되어 있는 단점이 있다. 본 논문에서는 사용자 모델링 기법을 동영상 검색에 적용하기 위해 사용자의 선호도를 베이지안 네트워크로 모델링하고, 추론된 확률 값을 검색에 반영하는 방법을 제안한다. 이를 위해 실제 연구실 환경 내에 존재하는 컨텍스트 정보를 정의하였고, 설치된 카메라로부터 얻어진 동영상이 포함하는 컨텍스트 정보를 텍스트의 형태로 주석을 달았다. 사용자로부터 입력받은 사용자 개인의 정보는 설계된 베이지안 네트워크 모델의 증거 값으로 사용되어, 그로부터 사용자의 선호도를 추론하도록 하였다. 베이지안 네트워크의 추론 결

과로 얻어진 확률 값을 검색에 반영되어 각 사용자의 선호도에 맞는 검색 결과를 보여준다. 사용자 평가 결과, 제안하는 모델을 사용하여 선택된 결과의 만족도가 일반적인 검색의 결과에 비해 높음을 확인하였다.

키워드 : 사용자 모델링, 사용자 선호도, 동영상 검색

Abstract As the multimedia data increase a lot with the rapid development of the Internet, an efficient retrieval technique focusing on individual users is required based on the analyses of such data. However, user modeling services provided by recent web sites have the limitation of text-based page configurations and recommendation retrieval. In this paper, we construct the user preference model with a Bayesian network to apply the user modeling to video retrieval, and suggest a method which utilizes probability reasoning. To do this, context information is defined in a real office environment and the video scripts acquired from established cameras and annotated the context information manually are used. Personal information of the user, obtained from user input, is adopted for the evidence value of the constructed Bayesian Network, and user preference is inferred. The probability value, which is produced from the result of Bayesian Network reasoning, is used for retrieval, making the system return the retrieval result suitable for each user's preference. The usability test indicates that the satisfaction level of the selected results based on the proposed model is higher than general retrieval method.

Key words : User Modeling, User Preference, Video Retrieval

1. 서론

최근 다양한 단말에서 수집된 동영상 데이터의 양이 크게 증가함에 따라, 동영상 데이터를 분석하여 유용한 정보를 얻기 위한 효율적인 검색기술이 필요해졌다. 특히 인터넷 서비스의 급속한 발달로 인한 데이터의 증가는 수많은 데이터와 자원을 효과적으로 관리하고 사용자 개개인에 초점을 맞춘 검색 툴을 필요로 하게 하였다[1]. 검색분야에서의 사용자 모델링은 많은 정보 가운데 사용자의 상황이나 선호도를 고려하여 그 사용자에게 가장 적합한 결과를 보여주는 데 이용되며, 최근 그 쓰임이 크게 증가하였다. Daum(www.daum.net)에서는 웹상에서 검색 질의로 사용된 텍스트 데이터를 통해 사용자의 관심사, 단어, 패턴을 분석한 후 추천 검색을 제공하고 있고, 멀티미디어 콘텐츠에 대해서도 주석 정보를 토대로 사용자 모델링을 하는 연구가 이루어지고 있다[2].

본 논문에서는 기존 연구로 진행되었던 멀티카메라 환경 내 수집된 저수준의 컨텍스트 정보를 통한 이벤트 인식 모델[3]을 확장하여 사용자의 선호도를 이용한 이벤트 검색을 위한 방법을 제안한다. 이를 위해 베이지안

· 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업의 연구결과로 수행되었음(ITA-2008-(C1090-0801-0011))

· 이 논문은 2007년 정보과학회 추계학술대회에서 '사무실 이벤트 검색을 위한 베이지안 네트워크 기반 사용자 선호도 모델링'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

† 학생회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과
soojung@sclab.yonsei.ac.kr
sammy@sclab.yonsei.ac.kr

** 종신회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수
sbcho@cs.yonsei.ac.kr

논문접수 : 2008년 1월 4일

심사완료 : 2008년 5월 28일

Copyright©2008 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 컴퓨팅의 실제 및 레터 제14권 제6호(2008.8)

네트워크를 이용하여 각 사용자의 선호도를 모델링하고, 추론 결과 얻어진 이벤트의 확률 값을 토대로 동영상 데이터에 대해 검색을 제공한다. 동영상 데이터는 사무실 환경 내에서 8대의 카메라를 이용하여 시나리오를 바탕으로 수집되었으며, 시나리오를 설계하기 위해 사무실 환경에서 발생 가능한 이벤트와 필요한 물체, 환경 등의 컨텍스트 정보를 사전에 정의하였다. 수집된 영상은 텍스트의 형태로 주석 처리를 한 후, 데이터베이스에 저장하여 검색에 이용될 수 있도록 하였다.

2. 관련 연구

2.1 사용자 모델링을 이용한 검색

사용자 모델링은 사용자와 시스템간의 효과적인 상호작용과 높은 사용자 만족도를 제공하기 때문에[4], 요약, 브라우징, 검색 등 다양한 분야에서 활용 가치가 높다. 그 중에서도 사용자 모델링을 이용한 검색은 사용자 개인의 여러 가지 정보를 바탕으로 사용자의 검색 결과에 대한 선호도를 모델링함으로써 적절한 검색 결과를 제공하는 기능을 말하는데, 이를 위한 여러 가지 방법이 연구되어지고 있다.

S. Gauch 등은 사용자의 프로필을 가중치를 가진 개념계층으로 구조화하고, 이를 자동으로 업데이트하여 웹사이트의 검색에 대한 결과를 보여줄 때 사용하였다[5]. 또 B. Smyth는 사용자가 필요로 하는 자료의 검색 능력의 향상을 위해 군집 기반 기법의 사용자 모델링을 통한 웹 검색 방법을 제안하였다[6].

본 논문에서는 웹사이트에서 제공하는 텍스트 기반 페이지 구성이나, 추천 검색 등에만 국한되어 있는 사용자 모델링 관련 연구를 사용자 선호도 모델링을 통해 동영상 검색에 활용하는 방법을 제안한다.

2.2 페이지안 네트워크를 이용한 사용자 모델링

페이지안 네트워크는 최근 복잡한 도메인 영역에서 불확실성을 다루는 확률 모델로 널리 사용되고 있다[7]. 페이지안 네트워크는 방향성 비순환 그래프로서, 노드는 해당 도메인의 확률 변수를 의미하며 노드간의 연결은 변수간의 확률적 의존 관계를 나타내는 모델이다. 노드간의 관계는 원인이 되는 노드와, 그 영향을 받는 결과 노드로 구분할 수 있는데, 결과 노드는 자신에 대한 초기 확률 값이나 원인노드와의 의존성을 고려한 조건부 확률 테이블을 가진다.

페이지안 네트워크는 모델링 과정에서 전문가의 지식을 사용할 수 있어 사람의 움직임과 이벤트에 대한 모델을 제시하는데 큰 도움을 주기 때문에, 불확실한 데이터나 불완전한 데이터로도 추론이 가능해 불확실한 환경에서 필요한 정보를 추론할 때 유용하게 사용된다[8]. L. Fan 등은 웹 상에서의 이미지 검색 모델을 생성하기

위해 키워드 형태로 주석 처리된 사진 파일 온톨로지를 페이지안 네트워크를 사용하여 추론하였고[9], F. Sparacino는 사용자 개개인에 따른 장소, 상황에 맞는 박물관 안내 스토리를 생성하기 위해 확률적 추론 모델인 페이지안 네트워크를 사용하였다[10]. 하지만 추적, 제스처 인식과 같은 센서를 모델링하여 이용자의 타입과 행동만을 분석하는데 사용했다는 제한점이 있다.

본 논문에서는 사무실 환경내의 이벤트 검색 방법으로 사용자의 선호도를 모델링하고, 이로부터 추론된 확률 값을 검색에 활용하는 방법을 제안한다.

3. 이벤트 검색을 위한 사용자 선호도 모델링

본 논문에서 제안하는 이벤트 검색 방법의 개요는 그림 1과 같다.

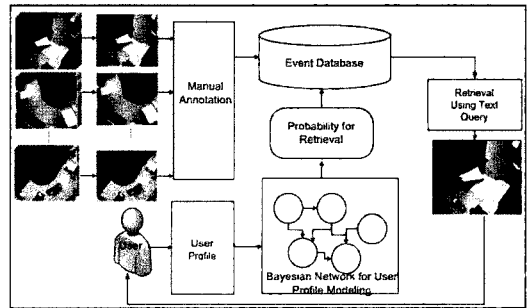


그림 1 제안하는 검색 방법의 개요

3.1 컨텍스트 정보의 정의

이벤트 검색을 위한 동영상 데이터를 수집하기 전에, 사무실 환경 내에서 발생할 수 있는 11가지 이벤트(Entry, Leaving, Calling, Cleaning, Conversation, Eating, Nap, Meeting, Printout, Seminar, Work)를 사전에 정의하였다. 하나의 이벤트를 정의하기 위해서는 피험자와 피험자가 사용하고 있는 물체와의 관계, 환경정보, 이벤트가 발생하고 있는 위치와 같은 컨텍스트 정보가 필요하다. 이를 위해 컨텍스트를 하위레벨에 해당하는 환경, 피험자의 정보와 상위레벨에 해당하는 이벤트로 분류한 후, 각 컨텍스트가 가질 수 있는 값들을 정의하였다. 표 1은 사무실 환경내의 컨텍스트의 종류와 가질 수 있는 값들에 대한 리스트를 나타낸다.

3.2 페이지안 네트워크 기반 사용자 프로필 모델링

본 논문에서는 사용자 선호도를 위한 페이지안 네트워크의 구조와 파라미터, 즉 조건부 확률 테이블을 수작업으로 설계하였는데, 그 과정은 다음과 같다. 먼저 추론하려고 하는 변수를 설정하고 그와 관련된 변수들을 정의한다. 제안하는 모델의 경우 사용자가 선호하는 이벤트의 확률 값을 얻는 것이 목적이기 때문에, 앞서 정

표 1 컨텍스트의 정의

First level

Context Type	Value
Context ID	{100, 101, 102, 103, 110, 111, 112, 113}
Context Sound Type	{ Voice, Machine, Silent }
Contexting State Type	{ On, Off }
Context Time Type	{ Video Frame, Scenario Time }
Context Place Type	{ Indoor, Outdoor }
Context Actor Type	{ Actor A, Actor B, Actor C }
Context Category	{ Zero, One, Two }
Context Location	{ Entrance, Left_top, Left_bottom, Center, Right_top, Right_bottom }
Context Pose	{ Stand, Sit, Rest }
Context Object	{ Computer, Document, Food, Phone, Printer, Screen, Vacuum }

Higher-level

Context Type	Value
Context	{ Entry, Leaving, Calling, Cleaning, Conversation, Eating, Nap, Meeting, Printout, Seminar, Work }

의된 11개의 이벤트 명을 추론하고자 하는 변수로 정의한다. 이를 추론하기 위해서는 사용자 프로필 데이터를 반영해야 하므로 이벤트 추론에 필요한 사용자의 흥미 분야, 시간별 선호도, 이벤트 중요도, 피험자와의 관계 등을 관련 변수로 정의한다. 다음으로는 각 변수가 가질 수 있는 상태들을 설정해야 하는데, 제한하는 모델의 경우 각 상태 값이 영향을 미치는 이벤트들이 다를 수 있으므로 이들을 각각 하나의 변수로 분리하여 정의하고, 상태 값들은 Yes/No의 두 가지로 설정하였다. 예를 들어 시간 선호도와 이벤트들과의 관계를 살펴보면, 오전에 주로 발생하는 이벤트와 오후에 주로 발생하는 이벤트가 다르기 때문에 동일한 연관관계를 설정할 수 없는 것을 알 수 있다. 마지막으로 변수들 간의 의존관계를 고려하여 파라미터 값을 정의하였다. 그림 2는 설계된 베이지안 네트워크 모델의 구조를 보여준다.

4. 실험 결과

4.1 실험환경 설정

사무실 내에서의 일상생활에 대한 실제 영상 데이터 수집을 위해, 사무실 내에 4m×4m 영역을 목적영역으로 설정하고 8대의 카메라를 설치하였다. 실험에 사용되어진 카메라는 소니 네트워크 카메라(SNC-P5)로서, 영상은 320×240의 해상도에 15fps의 MPEG 동영상 포맷으로 저장하였다.

4.2 데이터 수집

동영상 데이터는 사무실 내의 일상생활에서 발생하는 모든 이벤트들에 대해 미리 정의해 둔 컨텍스트 정의에 기반 하여 3명의 피험자에 대한 시나리오를 설계한 후, 그에 따라 촬영 되었다. 시나리오는 오전 9시부터 6시까지의 업무시간을 기준으로 하루 일과를 가정하였다. 수집된 동영상 데이터는 주석 툴을 사용하여 정의된 컨텍스트의 해당 항목들을 수동으로 주석 처리한 후, 생성된 메타데이터를 데이터베이스에 저장하여 검색에 사용할 수 있게 하였다. 그림 3은 실제 데이터 수집에 사용된 시나리오의 예를 보여준다.

검색을 위한 사용자 개인에 대한 정보는 시간선호도, 이벤트 선호도, 흥미 도메인, 피험자 선호도, 피험자와의 관계를 포함한다. 시간에 대한 선호도는 이벤트가 발생하는 시간에 대해 오전/오후/저녁으로 구분 하였고, 이벤트 선호도는 사무실 내의 주요 업무와 관련된 이벤트 (Work, Meeting 등)의 분류인 Normal과 주요 업무와 상대적으로 관련성이 적은 이벤트(Entry, Leaving, Calling 등)의 분류인 Abnormal로 구분하였다. 흥미 도메인은 업무와 관련된 일, 사람을 상대하는 미팅, 연구실 관리로 구분하였다. 또 사용자 선호도는 시나리오에 정

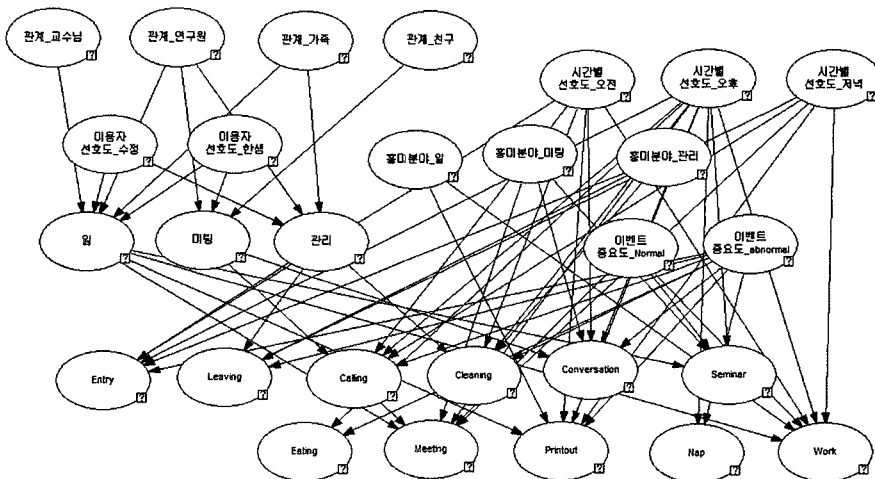


그림 2 설계된 베이지안 네트워크 모델의 구조

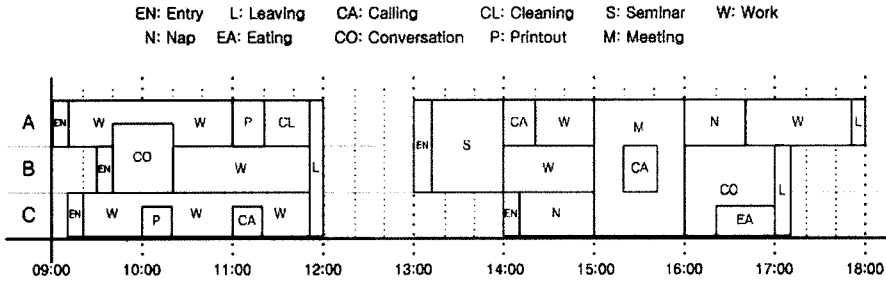


그림 3 설계된 시나리오의 예

의된 3명의 피험자를 대상으로 하였고, 피험자와의 관계는 연구원/친구/가족/교수님으로 구분하였다.

4.3 베이지안 네트워크 추론 및 검색결과

사용자로부터 수집된 프로파일은 설계된 베이지안 네트워크의 추론을 위한 상태 값으로 사용되어진다. 그림 4는 실제 사용자로부터 얻은 프로파일 값을 이용한 추론 과정을 도식화하여 보여준 것이다.

피험자A와의 관계가 연구원이고, 흥미도메인이 업무와 관련된 사항이며, 주로 오후에 일어난 이벤트를 선호할 경우, 설계된 베이지안 네트워크의 추론 결과가 높은 상위 4개의 이벤트의 확률 값을 Work 이벤트가 88%, Meeting 이벤트가 78%, Printout 이벤트가 64%, Seminar 이벤트가 58%인 것을 확인할 수 있다. 추론 결과 얻어진 확률 값을 검색 시에 반영되는데, 그림 5에서와 같이 사용자가 피험자나 이벤트에 대해 검색을 시도하게 되면 통합되어진 카메라 정보로부터 높은 확률 값

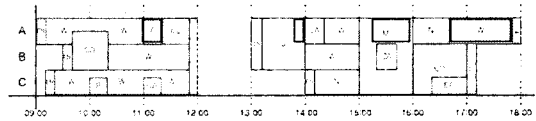


그림 5 최적 카메라의 선택과 실제 시나리오 상에서 피험자 A에 대해 선택되어진 이벤트

을 가지는, 즉 사용자의 선호도에 가장 부합하는 이벤트들에 해당하는 카메라 번호와 프레임 정보를 상위 4개의 이벤트 간 4:3:2:1의 비율로 돌려주게 되고, 이는 어플리케이션 프로그램과 연동되어 검색의 결과를 보여주

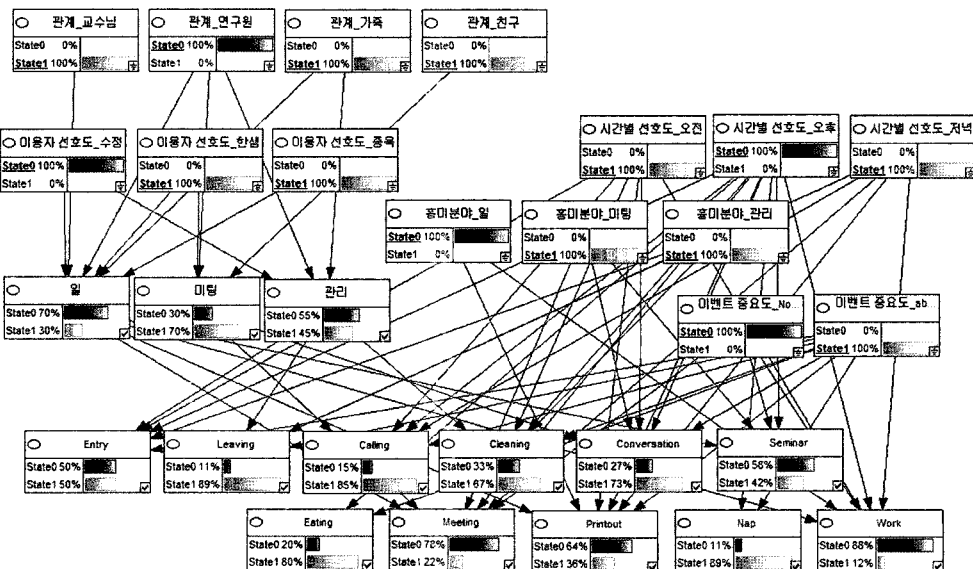


그림 4 베이지안 네트워크의 추론 과정

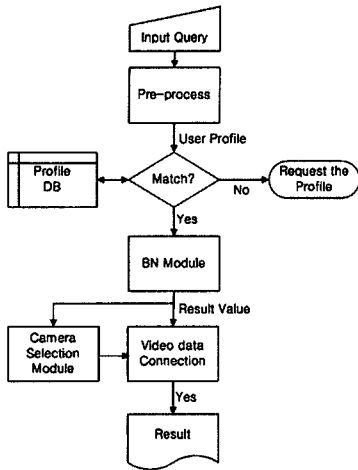


그림 6 검색 순서도

게 된다. 그림 6은 위의 검색 과정에 대한 시스템 순서도를 나타낸다.

4.4 사용자 만족도 평가

사용자 평가는 제안하는 방법이 사용자에게 얼마나 만족도를 줄 수 있는지를 판단하기 위한 방법으로, 본 논문에서는 사용자가 검색 질의로 피험자를 선택하였을 경우(A)와 이벤트를 선택하였을 경우(E)로 나누어 평가를 수행하였다. 제안하는 모델을 사용하여 검색 결과를 보여준 경우(P)와 대다수의 검색 시스템이 결과를 보여주는 방식인 사용자가 선택한 피험자나 이벤트만을 보여준 경우(G)와의 비교를 위해 10명의 사용자에게 각각의 검색 결과를 제공하고, 1부터 5까지의 만족도를 측정하였다. 그림 7은 사용자 평가의 결과를 보여주는데, 제안하는 모델(AP - 평균 4.23, EP - 평균 3.95)이 일반적인 검색 모델(AG - 평균 2.49, EG - 평균 2.89)에 비해 높은 만족도를 보이는 것을 확인할 수 있다. 특히 검색 질의로 피험자를 선택하였을 경우 제안하는 모델(AP)의 만족도가 더 높은 것을 확인할 수 있다.

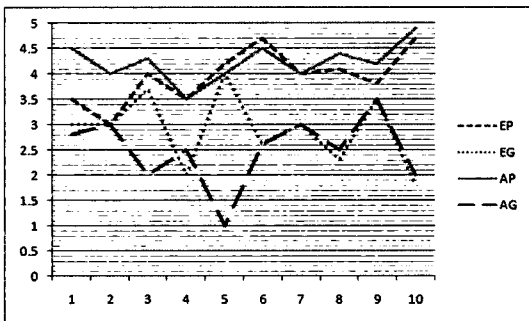


그림 7 사용자 평가 결과

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 사무실 환경에 설치된 카메라를 통해 얻어진 영상으로부터 사용자의 선호도를 반영한 검색을 위해 설계된 베이지안 네트워크의 추론 결과를 이용한 검색 방법을 제안하였다. 제안하는 방법의 경우, 일반적인 검색모델의 결과 보다 사용자 만족도가 높음을 확인하였다. 향후에는, 사용자 프로필을 반영하여 사용자 선호도 모델을 자동으로 업데이트하고 결과를 검색에 반영하여, 많은 양의 사용자 데이터에 대해서도 효율적인 관리가 가능하도록 시스템을 확장할 예정이다. 또한 스포츠 경기 시 다양한 뷰를 가지는 카메라로부터 얻어진 정보에 대해 시스템을 적용하여, 사용자가 원하는 선수 혹은 장면만을 검색하여 보여줄 수 있도록 할 계획이다.

참고 문헌

- [1] A. Micarelli, F. Gaspiretti, F. Sciarone and S. Gauch, "Personalized search on the world wide web," LNCS 4321, pp. 195-230, 2007.
- [2] D. Vallet, P. Castells, M. Fernandez, P. Mylonas and Y. Avrithis, "Personalized content retrieval in context using ontological knowledge," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.17, pp. 336-346, 2007.
- [3] S.-J. Lim, J.-K. Min, H.-S. Park and S.-B. Cho, "Bayesian network based event recognition in multi-camera environment," Proc. of The Korea Computer Congress, Vol.34, pp. 248-251, 2007.
- [4] G. Brajnik, G. Guida and C. Tasso, "User modeling in expert man-machine interfaces," IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, Vol.20, pp. 166-185, 1990.
- [5] A. Pretschner and S. Gauch, "Ontology based personalized search," IEEE Int. Conf. on Tools with Artificial Intelligence, pp. 391-398, 1999.
- [6] B. Smyth, "A community-based approach to personalizing web search," Computer, IET Magazine, Vol.40, pp. 42-50, 2007.
- [7] S.-M. Lee and P. A. Abbott, "Bayesian networks for knowledge discovery in large datasets," Journal of Biomedical Informatics, Vol.36, pp. 389-399, 2003.
- [8] J. Pearl, Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference, Morgan Kaufmann, 1988.
- [9] L. Fan and B. Li, "A hybrid model of image retrieval based on ontology technology and probabilistic ranking," IEEE/WIC/ACM Inter. Conf. on web intelligence, pp. 477-480, 2006.
- [10] F. Sparacino, "Sto(ry)chastics: A Bayesian network architecture for user modeling and computational storytelling for interactive spaces," UbiComp 2003, pp. 54-72, 2003.